

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2023.9.5.613>

JCCT 2023-9-76

미래 군을 위한 효율적인 IPv6 주소 할당에 관한 연구

A Study on Efficient IPv6 Address Allocation for Future Military

이한우*, 김수환**, 박건우***

Hanwoo Lee*, Suhwan Kim**, Gunwoo Park***

요약 ICT(Information and Communication Technology)의 발전으로 인해 사회 전반에서 혁신이 가속화되고 있으며, 국방 분야에서도 4차 산업혁명 시대에 맞는 기술들이 도입되고 있다. 특히 육군은 Army TIGER 4.0 체계를 통해 초지능, 초연결 기동화부대를 구축하기 위해 노력하고 있다. 이를 위해 4차 산업혁명의 첨단과학 기술을 접목하여 기동화, 네트워크화, 지능화를 추구하고 있다. 그러나 기존의 주소체계인 IPv4는 늘어나는 네트워크 IP주소 요구량을 충족하기에 한계가 있다. 이에 따라, 미래 군은 효율적인 네트워크 관리와 주소 수 확보를 위해 IPv6 주소 할당이 필수적인 과정으로 간주하고 있다. 본 연구에서는 육군의 Army TIGER 체계를 고려하여 미래 군의 IPv6 주소 할당 방안을 제안하였다. 군이 사용하는 응용 네트워크망을 구분하여 국방부와 합참으로부터 육군, 해군 및 공군의 미래 부대구조를 대상으로 IP주소를 할당하는 방안을 제시하였다. 이를 통해 육군의 첨단 지상전투체계인 Army TIGER 4.0이 네트워크 환경에서 더욱 효율적으로 운영되며, 미래 군의 전반적인 정보교환과 기동성을 강화할 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : 4차 산업혁명, Army TIGER 4.0, 초연결, IPv4, IPv6

Abstract The advancement of Information and Communication Technology (ICT) is accelerating innovation across society, and the defense sector is no exception as it adopts technologies aligned with the Fourth Industrial Revolution. In particular, the Army is making efforts to establish an advanced Army TIGER 4.0 system, aiming to create highly intelligent and interconnected mobile units. To achieve this, the Army is integrating cutting-edge scientific and technological advancements from the Fourth Industrial Revolution to enhance mobility, networking, and intelligence. However, the existing addressing system, IPv4, has limitations in meeting the exponentially increasing demands for network IP addresses. Consequently, the military considers IPv6 address allocation as an essential process to ensure efficient network management and address space provisioning. This study proposes an approach for IPv6 address allocation for the future military, considering the Army TIGER system. The proposal outlines how the application networks of the Army can be differentiated, and IP addresses can be allocated to future unit structures of the Army, Navy, and Air Force, from the Ministry of National Defense and the Joint Chiefs of Staff. Through this approach, the Army's advanced ground combat system, Army TIGER 4.0, is expected to operate more efficiently in network environments, enhancing overall information exchange and mobility for the future military.

Key words : Fourth Industrial Revolution, Army TIGER 4.0, Hyper-Connected, IPv4, IPv6.

*정회원, 국방대학교 군사운영분석학과 박사과정 (제1저자)

**정회원, 국방대학교 군사운영분석학과 교수 (참여저자)

***정회원, 국방대학교 국방과학학과 교수 (교신저자)

접수일: 2023년 7월 30일, 수정완료일: 2023년 8월 28일

게재확정일: 2023년 9월 5일

Received: July 30, 2023 / Revised: August 28, 2023

Accepted: September 5, 2023

***Corresponding Author: hanwoo111@naver.com

Korea National Defense Univ, Korea

I. 서론

ICT(Information and Communication Technology)의 발전으로 인해 우리 사회는 전반적인 혁신을 경험하고 있으며, 이는 우리의 패러다임을 빠르게 변화시키고 있다. ICT 발전으로 4차 산업혁명 시대와 더불어 국방 분야에서도 새로운 기술들을 접목하려는 시도가 계속되고 있다. 5G 기반의 네트워킹 기술뿐만 아니라 사물인터넷, 인공지능, 빅데이터/클라우드 기술 등의 적용을 위한 정책들이 추진되고 있으며, 이에 따라 전장에서 사용될 첨단 ICT 기술집약형 무기체계들의 개발도 활발히 진행되고 있다. 특히 육군은 Army TIGER 4.0 체계를 구축하여 초지능, 초연결 기동화부대를 구축하기 위해 노력하고 있으며, 이를 위해 전장을 가시화하고 기동성 있는 작전을 수행하기 위한 방안을 모색하고 있다. Army TIGER 4.0 체계는 빠른 탐지·결심·시행(Observe - Orient - Decide - Act)을 통해 전장에서 주도권을 장악할 수 있도록 <그림 1>과 같이 4차 산업혁명의 첨단과학기술을 접목하여 기동화, 네트워킹화, 지능화를 구축한 체계이다. Army TIGER 4.0 체계에서는 개인 전투원들이 사용하는 사물인터넷 등의 증가로 네트워크 IP주소의 요구량이 기하급수적으로 늘어나게 된다. 이러한 변화 속에 현재 군의 주소체계인 IPv4의 제한적인 주소 수로는 기하급수적으로 늘어나는 네트워크 IP주소의 요구량을 충족하기는 제한된다.[1]

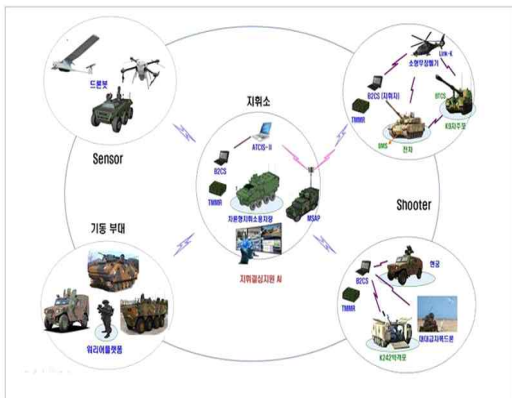


그림 1. Army TIGER의 초연결 지상전투체계[2]
Figure 1. Army TIGER's Hyper-connected Ground Combat System

따라서 효율적인 네트워크 관리와 부족한 주소 수를 확보하는 방안으로 미래 군은 IPv6 주소 할당은 필수적인 과정이다. 이번 연구에서는 육군의 Army TIGER 체계를 고려한 미래 군의 IPv6 주소 할당 방안을 제안하였다. 세부적으로는 군이 사용하는 응용 네트워크망을 구분하여 국방부 및 합참으로부터 육군, 해군 및 공군의 미래 부대구조를 대상으로 단위 무기체계까지 IP주소를 할당하는 방안을 제시하였다.

II. 관련이론

1. IPv4 주소체계

IPv4는 TCP/IP 네트워크에서 각각의 단말을 구분하기 위한 주소체계이다. IPv4 주소를 비트로 표현하면, 8비트씩 4개 영역으로 이루어진 32bit 체계이다. 32bit로 이루어진 IPv4는 최대 약 40억 개(2³²개)의 서로 다른 주소를 부여할 수 있다. IPv4 주소 표현은 각 영역을 십진수를 이용하여 표기하고, 각 영역은 점(.)을 이용하여 (표기 예: 255.255.48.192) 구분한다. IP주소는 <표1>과 같이 5개 (A-E) 클래스로 나누어지며 각 클래스의 의미는 해당 클래스의 형식을 가진 IP주소가 표현할 수 있는 네트워크와 호스트의 수이다. 현재 인터넷에서는 A/B/C 클래스 주소가 사용된다. A클래스는 24bits인 2²⁴개의 호스트 주소를 가진다. B클래스는 16bits, C클래스는 8bits의 호스트 주소를 가진다. IPv4 주소체계에서 네트워크 ID는 PC가 소속된 네트워크의 이름을 구분하는 용도로 사용되며, 호스트 ID는 해당 각 PC에 배정된 이름을 구분하기 위하여 사용된다.[3]

표 1. 네트워크 클래스 구분
Table 1. Network Class Classification

Class	네트워크 ID 및 호스트 ID(총 32 bits)			
A	0	네트워크 ID (7 bits)	호스트 ID (24 bits)	
B	1	0	네트워크 ID (14 bits)	호스트 ID (16 bits)
C	1	1	0	네트워크 ID (21 bits) 호스트 ID (8 bits)
Class D (멀티캐스트 주소)				
Class E (장래사용 예정)				

그러나 기하급수적으로 늘어나는 전 세계 사용자 수를 고려하면 현재 사용되고 있는 IPv4 체계로는 계속해서 요구되는 인터넷 주소 할당 수요를 충족시킬 수 없다는 문제점이 발생하기 시작했다. 따라서, 이와 같은 문제점을 해결하고자 새로운 IP주소 체계인 IPv6 (Internet Protocol version 6)가 등장하게 되었고, [그림 2]와 같이 세계적으로 IPv4 주소에서 IPv6 주소체계로 전환을 추진 중이다.

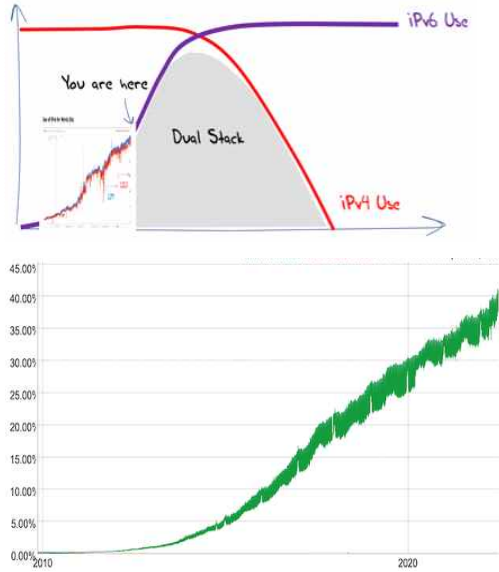


그림 2. IPv6로의 전환 추세[4]
 Figure 2. Transition Trends to IPv6

2. IPv6 주소체계

IETF (국제 인터넷 표준화 기구)에서 IPv4 주소 고갈을 예측하고 IP next generation이라는 그룹을 만들어 1994년부터 활동해왔다. 이 결과로 95년도에 표준이 제안되면서 IPv6가 등장하게 된다. IPv6를 비트로 표현하면, 16bit 8개 영역으로 이루어진 128bit 체계이다. 128bit 주소체계인 IPv6는 거의 무한대(총 약 3.4×10^{38} 개의 주소 가용)에 가까운 주소를 부여할 수 있다는 점이 가장 큰 장점이다. IPv6는 16진수를 이용해 8자리로 표기하며, 16진수 4개씩 연속해서 표현하고 콜론(:)을 이용해 구분 (표기 예: 2001:0db8::42::8a2e:0370:7334) 한다.

3. IPv4와 IPv6 주소체계의 비교

<표 2>는 IPv4와 IPv6 주소체계를 주요요소 및 헤

더 구조에 대해 비교한 결과를 나타낸 것으로 IPv4와 IPv6 주소체계는 본질적으로 주소 길이 (32bits vs. 128 bits)와 제공하는 서비스 (IPSec / QoS)가 다르다는 것을 확인할 수 있다. 헤더 구조 측면에서도 큰 변화가 있다. IPv6의 패킷 헤더 크기는 증가했지만, 구조는 더 단순해진 것을 알 수 있다.

표 2. IPv4와 IPv6의 비교[5]
 Table 2. Comparison of IPv4 and IPv6

구분	IPv4	IPv6	
주소 길이	32 bits	128 bits	
주소 개수	약 43억개	약 3.4×10^{38} 개	
보안기능	제한적	IPSec 기본 제공	
자동 네트워킹	곤란	가능(Auto Configuration)	
Mobile IP	제한적	용이	
QoS 처리	품질보장 곤란	등급/서비스별 패킷 구분, 품질보장 용이	
헤더 구조	유지	Version	Version
	신규	-	Flow Label
	수정	Type of Service	Traffic Class
		Total Length	Payload Length
		Time to Live	Hop Limit
		Protocol	Next Header
	삭제	Header Length	-
		Identification	-
		Flags	-
		Fragment Offset	-
Header Checksum		-	
Option	-		

III. 국방 IP 주소체계 적용실태

1. 국방정보통신망 IPv4 적용기준

국방 IP 주소체계는 네트워크에 연결된 각 장치를 구별하는 식별자로 현재 32bit의 IPv4 주소를 사용하고 있다. 인터넷과 분리 후 별도 운용하고 있으며, 국방 IP 주소체계는 <표3>과 같이 국방 전산망 및 전술통신망(전술망)에 적용하고, 네트워크 아이디와 호스트 아이디를 구분하기 위해 사용하는 서브넷 마스크는 기존의 A~E 클래스 개념을 적용하지 않고 C클래스 단위(/24)를 적용하여 사용하고 있다. 네트워크 영역은 LAN, WAN, 예비영역으로 구분할 수 있다. 네트워크 확장 영역은 군단으로부터 여단급 제대 구분을 목적으로 사용된다. 망 구분 및 서브넷 영역의 할당은 국방전산망, 전술 C4I 망 등 망별 구분을 위해 사용되고, 가입 장비 영역은 접속 장비 및 가입자를 구분하기 위해 사용된다.

표 3. 국방 IP 주소체계 구조
Table 3. Defense IP Address System Structure

네트워크 ID 영역			호스트 ID 영역
네트워크 (8bits)	네트워크 확장 (8bits)	망구분/서브넷 (8bits)	가입장비 (8bits)

2. 국방 IPv4 주소체계의 문제점

현재 적용 중인 IPv4 주소체계는 미래 부대구조가 미반영된 IP 주소체계를 적용 중이다. 뿐만 아니라, IP 기반으로 운용되는 정보체계 수량이 미예측된 상황에서 제한된 수량의 IP 주소체계를 적용 중임에 따라서, 운용·예비 수량 고려 시 정보체계 운용이 제한될 가능성이 존재한다. 즉, Army TIGER 부대구조, 첨단 IT 기술의 급진적인 발전 속도와 군 내 적용(위리어플랫폼의 IoT, 로봇, 드론 및 각종 모바일 운영체계 활성화 등)은 기하급수적인 IP 사용의 증가로 이어질 것이며, 따라서, 현재 사용되고 있는 IPv4 체계로는 계속해서 요구되는 IP주소의 수요를 충족시킬 수 없을 것이라는 점은 충분히 예상할 수 있는 결과이다.

3. IPv6 주소체계로의 전환 필요성

IPv4는 1970년대에 개발되어 현재의 인터넷 및 국방망 운용의 기반이 되었다. 그러나 최근 인터넷 크기 확대, 사용자 수와 기능 수 증가에 대응하기에는 한계가 있다. IPv4 주소 길이가 32 bits이면 충분히 많은 기기를 식별할 수 있을 것으로 예상하였지만, 미래에서 예상되는 단말 수는 예상 수치를 초과할 가능성이 있다.

즉, IPv4를 이용해서는 단말마다 고유한 주소 할당이 어려워 주소와 사용자가 1:1로 맵핑되지 못하는 문제가 발생하며, 이는 결과적으로 종단 간(end-to-end) 운용 개념을 보장하지 못한다는 문제를 발생시킨다.

IPv6는 IPv4의 근본적인 제한사항인 주소 공간 부족을 해소하기 위하여 주소 공간을 확장하여 미래의 IP주소 고갈에 대응할 수 있다. 또한, 종단 간 보안, 이동성 지원, QoS 제공 방법 지원, 네트워크 관리 단순화 등을 함께 개발하는 등 다양한 특징들을 결합하여 더욱 효과적인 IP 주소체계 적용이 가능할 것으로 예상된다. 따라서, 군은 기존 IPv4의 제한사항에 대비하여 기존 IP 체계에서 발생 가능한 여러 가지 단점들을 수정, 보완, 대체할 수 있는 IPv6로의 전환을 고려해야 할 것이다.

IV. 제안하는 방법

대한민국의 IP주소는 한국인터넷진흥원에서 관리하며, IPv6의 경우, 관리대행자와 독립사용자를 구분하여 주소를 할당한다. 관리대행자는 IP주소의 할당에 관한 업무 일부를 대행하기 위해 인터넷 주소 관리기관인 한국인터넷진흥원이 선정한 기관(ISP)이며, 프리픽스(pre-fix) /32, /36을 할당한다. ISP는 /32 단위로 IPv6 주소를 할당을 받고, 일반 사용자는 /48, /64, /128 3가지에서 각각의 경우에 맞추어 IPv6 주소를 할당받는다.

국방 네트워크는 일반 사용자 개념에 속하나, 현재는 IPv6 관련 기술의 문제로 한국인터넷진흥원에서 일괄적으로 /32를 할당하고 있으므로, /32 프리픽스 할당 기준을 바탕으로 국방 IPv6 할당 기준을 수립해야 한다.[6]

따라서, 변경 불가능한 고정된 상위 기관의 주소 할당 영역(/000 ~ /032)을 제외하고 나머지 영역에 대해 국방 환경을 고려하여 IPv6를 할당한다. 이때, IP 할당 기준을 잘 설정해야 한다.

첫째, 부대 제대별(작전사급, 군단급, 사·여단급, 연대급 이하 등) 계층적으로 주소를 할당하여 네트워크의 효율성을 보장해야 한다. 둘째, 네트워크망(전술망·국방망/지상망·위성망 등) 구분 및 정보체계별 가이드 라인을 부여한 후 IP를 할당하여야 한다. 셋째, 미래에 있을 네트워크 수요 증가에 대비한 여유 대역을 보장해야 한다. 마지막으로, 네트워크 관리 효율성 측면에서 주소 할당에 대한 확장성 및 유연성을 고려하여야 한다.

표 4. 미래군의 IP주소 할당 방안
 Table 4. Future Army IP Address Allocation Plan

할당 대상	네트워크 영역(32 bits)								인터페이스 영역(64 bits)																			
/32 프리픽스	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
망 구분	16																											
부대 구분 (사단급 이상)		256																										
예하 부대				256																								
체계 구분							4,096																					
가입장비/서비스									2 ⁶⁴ (약 1,845경)																			

이와 같은 기준을 고려하여 제시하는 미래군의 IP주소 할당방안은 <표4>와 같다.

- 망구분 : 응용체계별 네트워크로 국방 전산망, C4I 등을 할당 한다.

- 부대 구분은 <표5>과 같이 Army TIGER와 미래 부대구조를 고려한 부대를 기준으로 편성하였다. 국방부 및 합참은 총 10개 부대, 육군은 상비부대는 여단급, 기타는 사단급으로 총 141개 부대, 해군은 전대급 이상으로 총 65개 부대, 공군은 비행단급 이상으로 40개 부대로 총 256개를 할당하였다. 여기에 예비는 약 40개를 할당하여 융통성을 부여하였다.

- 예하 부대 구분은 무기체계 발전으로 개인 및 조별 단위까지 고려하였다. 최소 여단급 필요 개수는 197개로 네트워크 1, 여단 사령부 10개, 대대급(3개 대대) 156개, 직할대 30개를 고려하였다. 미래 병사 1명당 IP 할당 대상 무기체계는 10종류로 무기체계 별로 각각의 IP주소를 할당하였으며, 세부 장비는 첨단 전자통신장비, 센서, 방호품목, 원격 감시장비, 첨단 방탄 헬멧 및 방탄 위장복, 보호의, 생체모니터링 시스템, GPS, 디지털 나침반, 피아식별기 등이 있다.

- 체계 구분은 미래 무기체계 발전을 고려하여 단위 무기체계의 종류까지 분배하였다. 미래 무기체계 및 조직 편성을 고려하여 예하 부대 및 체계 구분을 위한 용도로 더 많은 주소를 할당하였기 때문에, 무기체계 별로 무한대에 가까운 주소를 부여할 수 있다. 예를 들어 전술망이 1인 경우, 10을 부여받은 사단에서 100을 할당받은 예하 부대의 1,000번 체계에 대한 네트워크 영역의 주소는 1:0A:64:03E8로 할당할 수 있다. 이때 상위 기관의 할당 영역인 32비트와 인터페이스 영역의 64비트는 생략되었음을 알 수 있다.

표 5. 미래군의 부대구조
 Table 5. Future Army Unit Structure

제 대	세부 부대 (Army Tiger 미래부대 구조 반영)
국방부 / 합참 10개	10개 (사령부 및 지역단위 통합 운용, 예비포함)
육군 141개 (상비 및 특전사 여단급 이상, 기타 사단급 이상)	<ul style="list-style-type: none"> • 지상작전사령부 3개 (사령부 1, 사단 2) • 군단: 102개 (6개 군단 가정) * 1개 군단: 17 (사령부 1, 사단 2, 여단 14) • 2작사: 8개(사령부 1, 사단 7) • 특전사: 6개(사령부 1, 여단 5) • 동원사: 2개(사령부 1, 사단 1) • 수방사: 3개(사령부 1, 사단 2) • 미사일사 1, 군수사 1 • 기타 및 예비: 15개
해군 65개 (전대급 이상)	<ul style="list-style-type: none"> • 해작사: 8개 • 1함대사: 10개, 2함대사: 12개, 3함대사: 7개 • 잠수함사령부: 8개 • 해군항공사령부: 6개 • 해병대: 3개, 기타 및 예비: 11개
공군 40개 (비행단 이상)	<ul style="list-style-type: none"> • 공작사: 1개, 공중전투사령부: 12개 • 공중기동정찰사령부: 8개 • 방공관제사: 5개, 미사일사령부: 1개 • 기타 및 예비: 13개

V. 결론 및 향후연구

미래군 및 Army TIGER 4.0 체계에서 필요한 네트워크 IP 주소는 기하급수적으로 증가함에 따라 IP 주소

수요에 대비하여 부여 가능한 IP 수량이 제한될 수 있다. 이러한 상황에서는 IPv4에서 IPv6 주소 체계로의 단계적 전환은 필수적인 과정이다. 따라서 이번 연구에서는 IPv6 주소 할당 방안을 제안하였다. 이러한 제안된 IPv6 주소 할당 방안을 통해 미래에 기하급수적으로 증가하는 무기체계와 개인 장비들의 주소 요구량을 충분히 만족시킬 수 있을 것으로 기대한다. 이를 통해 네트워크 IP 주소의 부족 문제를 극복할 수 있으며, 체계적으로 안정성과 확장성을 강화할 수 있을 것이다.

향후 연구로는 다음과 같은 두 가지 주제를 탐구할 것이다.

- IPv6 주소체계 최적화: IPv6 주소체계는 128bit로 구성되어 거의 무한대의 주소를 제공하며, 기하급수적으로 증가하는 네트워크 기기와 장비들의 주소 요구량을 충족시킬 수 있다. 하지만 주소체계가 지나치게 커지면 주소 관리의 복잡성이 증가하고 주소 낭비가 발생할 수 있다. 이에 따라 향후 연구에서는 서브네팅, 주소 할당 정책, 주소 관리 방법 등을 최적화하여 IPv6 주소 체계를 보다 효율적으로 활용하는 방안을 탐구한다. 주소체계의 최적화를 통해 주소 할당 및 관리가 더욱 간편해지고, 주소 낭비를 최소화하여 더 많은 주소 확보를 기대할 수 있을 것이다.

- 무선 통신 기술과 IPv6의 융합: 미래 군에서는 무선 통신 기술이 네트워크 환경에 큰 영향을 미친다. 이동성과 편의성을 갖춘 무선 통신 기술과 IPv6를 융합하여 미래 군의 네트워크 구성 방안을 연구한다. IPv6의 주소체계를 기반으로 한 무선 통신 네트워크를 구축하고 이동 중인 장비와 기기들의 주소 할당과 인터넷 접속 등을 쉽게 하여 군의 유연한 전투 환경에 적합한 효율적인 네트워크 시스템을 제시하고자 한다. 이를 통해 미래 군의 이동성과 통신의 편의성을 증대시키며, 신속하고 정확한 정보교환과 작전 수행 능력을 강화하는데 기여하고자 한다.

References

[1] H.W. Lee, S.H. Kim, and G.W. Park, "Efficient QoS Policy Implementation Using DSCP Redefinition: Towards Network Load Balancing",

The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT), Vol. 9, No. 3, pp.715-720, August 31, 2023. DOI : 10.17703/JCCT.2023.9.3.715

- [2] The Yoen Hab Shinmun, "Baekdu Mountain Tiger symbol 'AI ground combat system' started", <https://www.yna.co.kr/view/AKR20180930041500014>, Assessed on July 5, 2023
- [3] J.G. Hong, I.S. Choi, and J.H. Lim, "Plan for transition to the next-generation Internet address system (IPv6) in the defense sector", *Defense policy research*, Vol. 74, No. 1, pp.85-117, March 31, 2007. DOI : 10.22883/JDPS.2007.22.4.003
- [4] IT World, "Closing the IPv6 Capability Gap", [https://https://www.itworld.co.kr/news/248548](https://www.itworld.co.kr/news/248548), Assessed on July 5, 2023
- [5] Nichols, K., Blake, S., Baker, F., & Black, D. "Definition of the Differentiated Services Field in the IPv4 and IPv6 Headers", *IETF*, 1998
- [6] B.J. Jun, J.H. Kang and K.Y. Shin, "An Analysis of IPv6 Transition Status and Efficient Address Allocation for the Defense Information Systems", *Korean Journal of Military Art and Science*, Vol. 73, No. 3, pp.227-249, October 31, 2017. DOI : 10.31066/KJMAS.2017.73.3.010